

19



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



11 Veröffentlichungsnummer: **0 673 886 A2**

12

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21 Anmeldenummer: **95103790.2**

51 Int. Cl.<sup>6</sup>: **C02F 3/34**

22 Anmeldetag: **15.03.95**

30 Priorität: **24.03.94 DE 4410271**

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**27.09.95 Patentblatt 95/39**

84 Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE ES FR GB IT LI NL SE**

71 Anmelder: **Lumos Trading & Investments Corporation**  
**P.O. Box 146**  
**Road Town, Tortola (VG)**

72 Erfinder: **Möller-Bremer, Christine, Dr. Ing.**  
**Taubenring 38**  
**D-27637 Nordholz (DE)**

74 Vertreter: **Kador & Partner**  
**Corneliusstrasse 15**  
**D-80469 München (DE)**

54 **Verfahren zur Herabsetzung der Schleim- und Belagbildung in Anlagen, in denen Wasser von Papier- und Zellstoffmaschinen im Kreislauf geführt wird, sowie in Anlagen, in denen Kühlwasser im Kreislauf geführt wird.**

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herabsetzung der Schleim- und Belagbildung in Anlagen, in denen Wasser von Papier- und Zellstoffmaschinen im Kreislauf geführt wird, und in Anlagen, in denen Kühlwasser im Kreislauf geführt wird. Durch den Zusatz spezifischer Nährstoffe wird das Wachstum der im Kreislaufwasser vorhandenen Mikroorganismen-Mischpopulation beeinflusst, d.h. zugunsten der nicht schleim- und belagbildenden Mikroorganismen verschoben.

**EP 0 673 886 A2**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Herabsetzung der Schleim- und Belagbildung in Anlagen, in denen Wasser von Papier- und Zellstoffmaschinen im Kreislauf geführt wird, sowie in Anlagen, in denen Kühlwasser im Kreislauf geführt wird.

Bei Wasserkreisläufen, insbesondere bei der zunehmend praktizierten Kreislaufschließung des Siebwassers an Papiermaschinen und bei Kühlwasserkreisläufen kommt es immer wieder zu Schleim- und/oder Belagbildung an festen Oberflächen und in der flüssigen Phase. Bei der bei Papiermaschinen durchgeführten Schließung des Siebwasserkreislaufes finden Mikroorganismen durch das im Siebwasser vorhandene hohe organische und anorganische Nährstoffangebot und ein günstiges umgebendes Milieu, wie erhöhte Temperatur, pH-Wert nahe dem Neutralpunkt, und Sauerstoffeintrag, sehr gute Wachstumsbedingungen vor. Funktionell kann man zwei Klassen von Mikroorganismen unterscheiden. Jene, die als Einzelzellen frei im Kreislaufwasser vorkommen und jene, die einzeln oder in Kolonien an Faser-, Füll- und Feinstoffe sowie an die Oberflächen der Maschinenteile, wie Leitungen, Pumpen und Behälter angelagert sind. Die nicht-sessilen Mikroorganismen der ersten Gruppe verursachen keine Produktionsprobleme, da ihre Partikelgrößen unter 10  $\mu\text{m}$  liegen. Nicht-sessile Mikroorganismen sind solche, die keine oder nur eine geringe Neigung haben, sich an Oberflächen festzusetzen. Die sessilen Mikroorganismen der zweiten Gruppe führen jedoch zu Problemen in Form von unerwünschten Schleim- und Belagbildungen. Beim Lösen des Schleims oder Belags von den Oberflächen führt dies zur Bildung von Batzen und damit gegebenenfalls zu Löchern in der Papierbahn. Dadurch wird die Papierbahn geschwächt, das heißt es kann zu Abrissen der Papierbahn und damit zu Maschinenstillständen kommen. Um diese Schleim- und Belagbildung zu verhindern, ist es bekannt, dem Siebwasser Biozide, Lignosulfonate, ausgewählte Mikroorganismen oder Enzyme zuzusetzen.

Durch den Einsatz von Bioziden wird das Wachstum der Mikroorganismen unterdrückt und die Mikroorganismen werden zum Teil geschädigt. Der Einsatz von Bioziden wird jedoch immer kritischer bewertet. Je größer die Menge an Biozid ist, desto größer ist nämlich auch die Schädigung der Umwelt, der das Siebwasser bei Kreislaufentleerung zugeführt wird. Da Mikroorganismen gegenüber Bioziden zur Resistenzbildung neigen, ist es ferner notwendig, häufiger die bioziden Wirksubstanzen zu wechseln und/oder ihre Menge zu erhöhen. Dies bedeutet erhebliche Umweltbelastung bzw. erhebliche Kosten zum Beispiel für eine nachgeschaltete adaptierte Kläranlage oder einen Vorfluter.

Lignosulfonate werden als sogenannte Komplexbildner eingesetzt, die unter bestimmten Voraussetzungen die Nahrungsaufnahme der Mikroorganismen unterbinden.

Manchmal muß mit dem Lignosulfonat noch ein Biozid eingesetzt werden, allerdings in erheblich geringerem Ausmaß als bei alleiniger Bioziddosierung (vgl. DE-PS 34 47 686). Die Problematik der Biozide bleibt aber in abgeschwächter Form vorhanden.

Enzyme werden dem Siebwasserkreislauf beigegeben, um die hochmolekularen Polymere, die die Schleim- und Belagbildung fördern, in niedermolekulare für die Schleim- und Belagbildung unkritische Moleküle umzuwandeln. Dieses Verfahren ist zwar umweltfreundlich, hat sich aber in der großtechnischen Anwendung bisher nicht bewährt, vermutlich weil dadurch nur eine kurzzeitige Viskositätsherabsetzung erzielbar ist, da die von den Enzymen gebildeten Hydrolyse- oder sonstigen niedermolekularen Produkte für die schleimbildenden Mikroorganismen sogar bevorzugte Nährstoffe darstellen können.

Eine neue Methode ist die Zugabe von ausgewählten vereinzelt Mikroorganismen, die aufgrund ihrer großen Gesamtoberfläche zu einer starken Aufnahme der im Siebwasser vorhandenen Nährstoffe führen. Es stellt sich somit ein Wettbewerb um die in dem Kreislaufwasser vorhandenen Nährstoffe ein, welcher, dank der hohen Nährstoffaufnahme durch die zugegebenen nicht-sessilen Mikroorganismen zu deren Gunsten, d.h. zu Lasten der schleim- und belagbildenden Mikroorganismen ausgeht (vgl. DE-PS 38 41 596). Der Umgang mit Mikroorganismen ist jedoch nicht für alle Anlagen geeignet.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es für Anlagen, in denen Wasser von Papier- und Zellstoffmaschinen im Kreislauf geführt wird, und für Anlagen mit Kühlwasserkreislauf eine verbesserte umweltfreundliche Methode zu finden, bei der die Schleim- und Belagbildung im Wasserkreislauf herabgesetzt wird und damit die Stillstandszeiten der Anlage gemindert werden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß man dem Kreislaufwasser Nährstoffe zusetzt, welche das Wachstum nicht-sessiler Mikroorganismen begünstigen.

Vorzugsweise wird in dem Kreislaufwasser ein Nährstoffangebot eingestellt, das das Wachstum nicht-sessiler Mikroorganismen gegenüber dem Wachstum sessiler Mikroorganismen begünstigt. Dies wird durch den Zusatz spezifischer Nährstoffe erzielt, der das Gesamtnährstoffangebot verändert, so daß die Artenzusammensetzung der natürlich im Kreislauf vorkommenden, beziehungsweise auch künstlich zugesetzten Mikroorganismen dahingehend positiv beeinflusst wird, das Wachstum der nicht-sessilen Mikroorganismen zu fördern und damit die sessilen, schleim- und belagbildenden Mikroorganismen am Wachstum zu hindern.

In einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens werden dem Kreislaufwasser Makro- und/oder Mikronährstoffe zugesetzt. Unter den Makronährstoffen wählt man bevorzugt Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphor-, Schwefel-, Natrium-, Kalium-, Kalzium-, Magnesium- und/oder Chlorverbindungen aus, welche in Wasser löslich sind.

5 Bevorzugte Mikronährstoffe sind die Spurenelemente Eisen, Kupfer, Mangan, Zink, Brom, Molybdän, Vanadium, Kobalt, Jod und/oder Selen sowie die Vitamine Biotin, Nikotinsäure, Thiamin, 4-Aminobenzoat, Panthothemat, Pyridoxamin und/oder Cyanocobalamin.

Diese Nährstoffe werden in Abhängigkeit von der jeweiligen organischen Fracht bzw. der Mikroorganismen-Mischpopulation ausgewählt. Sie können einzeln oder in Verbindung miteinander eingesetzt werden.

10 Vorzugsweise werden die Nährstoffe direkt in den Hauptkreislauf des jeweiligen Kreislaufwassers eingeführt. Sie können in besonders geeigneter Weise aber auch in mit dem Hauptkreislauf assoziierte Nebenkreisläufe eingeführt werden. Um unter Umständen die Kontaktzeit der Mikroorganismen mit den Nährstoffen zu erhöhen, was in Anlagen mit hohen Durchflußraten erforderlich sein kann, ist es vorteilhaft, eine Menge des Kreislaufwassers in einen Sekundärkreislauf abzuziehen und dort die Nährstoffe zuzusetzen.

15 Die Nährstoffzugabe kann, je nach den jeweiligen Anforderungen zeitproportional oder mengenproportional erfolgen.

Die der Erfindung zugrundeliegende Idee ist die Tatsache, daß in Wasserkreisläufen von Papier- und Zellstoffmaschinen und in Kühlwasserkreisläufen im allgemeinen Mischpopulationen von Mikroorganismen vorhanden sind, die optimal an die jeweiligen Umweltbedingungen angepaßt sind. Eine solche Mischpopulation besteht aus vielen einzelnen Arten, von denen jede ihre eigenen Wachstumsparameter besitzt. Zur Charakterisierung des Zellwachstums verwendet man die spezifische Wachstumsrate  $\mu_{\max}$  und jene Substratkonzentration bzw. Nährstoffkonzentrationen  $K_s$ , bei der die Wachstumsrate einer Kultur den halbmaximalen Wert erreicht. So hat jede Spezies bestimmte Werte von  $\mu_{\max}$  und  $K_s$  in bezug auf ein bestimmtes Substrat ("Allgemeine Mikrobiologie", H.G. Schlegel, Thieme Verlag, Stuttgart, 1985).

Vergleicht man die Wachstumskurven zweier Mikroorganismen mit verschiedenen  $\mu_{\max}$  und  $K_s$  Werten, so erkennt man, daß der Stamm mit niedrigen  $\mu_{\max}$ - und  $K_s$ -Werten bei niedrigen, der Stamm mit hohen  $\mu_{\max}$ - und  $K_s$ -Werten jedoch bei höheren Substratkonzentrationen einen Wachstumsvorteil hat. Je nach Substratkonzentration ist so einer der beiden Stämme im Vorteil ("Control of activated-sludge filamentous building", J. Chudoba, P. Grau und V. Ottova, Water Research 7, p.1389-1406, 1973).

30 Untersucht man nun die Wachstumskinetiken der einzelnen Gruppen von Mikroorganismen in Wasserkreisläufen, so kann man grob zwei Gruppen einteilen:

1. Schnell wachsende nicht-sessile Einzelzellen mit hohen  $K_s$ -Werten und
2. langsam wachsende fadenförmige sessile Mikroorganismen mit niedrigen  $K_s$ -Werten.

35 Das bedeutet, daß niedrige Substratkonzentrationen das Wachstum von fadenförmigen, und damit problemverursachenden Mikroorganismen fördern. Bei höheren Substratkonzentrationen herrschen jedoch Bedingungen, die das Wachstum von einzelnen Zellen favorisieren. Diese Einzelzellen verursachen keine Produktionsprobleme, da sie im allgemeinen keine festen, hautartigen Beläge bilden.

Zur Gruppe 1 der schnellwachsenden, hauptsächlich als Einzelzellen lebenden nicht-sessile Mikroorganismen lassen sich folgende Gattungen zählen: Pseudomonas, Arthrobacter, Acromonas, Vibrio, Acinetobacter, Bacillus, Alcaligenes, Enterobakterien, Lactobacillus, Micrococcus, Staphylococcus und Streptococcus.

45 Zur Gruppe 2 der fadenförmigen sessile Mikroorganismen und Schleimbildner zählt man Spaerotilus, Beggiatoa, Flexibacter, Haliscomenobacter, Nocardia, Thiobacillus, Microthrix, verschiedene andere noch nicht genauer definierte, nur mit Typbezeichnungen versehene, Bakterien ("Handbuch für die mikroskopische Schlammuntersuchung", Eikelboom und v. Buijse, Hirshammer Verlag München 1983) und die große Gruppe der hyphenbildenden Pilze.

Das erfindungsgemäße Verfahren beruht auf der Zugabe jener Faktoren bzw. Nährstoffe, welche die Limitierung der Einzelzellen im System aufheben, d.h. deren Wachstum fördern. Bei der Analyse der chemischen Zusammensetzung der Stoffgemische in Wasserkreisläufen findet man, daß beispielsweise Stickstoff N und Phosphor P nur in geringen Mengen vorhanden sind. Durch diese Bedingungen werden die fadenförmigen Mikroorganismen bevorzugt und es gilt dieses Gleichgewicht durch geeignete Nährstoffzugabe zu kippen.

55 Zu den wichtigsten Makro- und Mikronährstoffen, deren Konzentration für das biologische Gleichgewicht und damit die Verminderung der Schleim- und Belagbildung entscheidend ist, zählen unter den Makronährstoffen Kohlenstoff C, Stickstoff N, Phosphor P, Schwefel S, Natrium Na, Kalium K, Calcium Ca, Magnesium Mg, Chlor Cl und unter den Mikronährstoffen die Spurenelemente Eisen Fe, Kupfer Cu, Mangan Mn, Zink Zn, Brom Br, Molybdän Mo, Vanadium V, Kobalt Co, Jod I und Selen Se sowie ferner die Vitamine Biotin,

Nicotinsäure, Thiamin, 4-Aminobenzoat, Panthothenat, Pyridoxamin und Cyanocobalamin.

Als Quellen für die voranstehend genannten Makro- und Mikronährstoffe können beispielsweise Glucose, Saccharose, Stärke, Ammoniak, Natriumnitrat, Harnstoff, o-Phosphorsäure, Polyphosphate, Eisen-III-Sulfat, Kaliumdihydrogenphosphat, Magnesiumsulfat, Calciumcarbonat, Natriumchlorid, Wasserglas und dergleichen dienen.

Es ist im Rahmen der Erfindung nicht erforderlich, einen genauen Bereich der zuzugebenden Mengen der Nährstoffe anzugeben. Die Menge ist vielmehr je nach dem Defizit der für das Wachstum der nicht-sessilen Bakterien erforderlichen Nährstoffe zu ermitteln.

Die Biomasse in Wasserkreisläufen ist im allgemeinen folgendermaßen zusammengesetzt (in % der Trockensubstanz TS):

|    |      |     |       |
|----|------|-----|-------|
| C: | 46,9 | K:  | 2,2   |
| H: | 6,4  | Mg: | 0,3   |
| O: | 32,9 | Ca: | 0,1   |
| N: | 8,4  | Na: | 0,05  |
| P: | 1,2  | Si: | 0,05  |
| S: | 0,6  | Fe: | 0,005 |

Nachfolgend wird das erfindungsgemäße Verfahren anhand von Beispielen genauer beschrieben.

### Beispiel 1

In diesem Beispiel werden die Zugabemengen für zwei typische Elemente bestimmt und aufgelistet. Dazu werden folgende Annahmen getroffen.

1. Zusammensetzung der Biomasse (wie oben);
2. die Masse eines Bakteriums mit einem Durchmesser von 1  $\mu\text{m}$ , einer Dichte von 1,1  $\text{g/cm}^3$  und einer kugelförmigen Gestalt beträgt  $5,72 \times 10^{-13}$  g.
3. Konzentration der wichtigsten Ionen im Siebwasser einer Papiermaschine ("Untersuchung von Störsubstanzen in geschlossenen Kreisläufsystemen", W. Auhorn und J. Melzer, Wochenblatt für Papierfabrikation 107, S. 493-502, 1979).

Daraus ergeben sich für die zwei Elemente N und P in Abhängigkeit vom Frischwasserverbrauch folgende Konzentrationen, die für die Aufrechterhaltung der Zellmasse benötigt werden. Die Angaben beziehen sich auf mg/kg Papier.

| Frischwasserverbrauch | $10^7$ N | Keime/ml P | $10^8$ N | Keime/ml P |
|-----------------------|----------|------------|----------|------------|
| 10 l/kg               | 4,8      | 0,68       | 48       | 6,8        |
| 30 l/kg               | 14,4     | 2,04       | 144      | 20,4       |

Im Siebwasser einer Papierfabrik findet man typischerweise folgende N und P Werte (in mg/kg Papier)

| Frischwasserverbrauch | N    | P |
|-----------------------|------|---|
| 10 l/kg               | 53,7 | 3 |
| 30 l/kg               | 24,6 | 9 |

Durch Subtraktion der tatsächlichen von den Sollkonzentrationen ergibt sich folgende Tabelle (Werte in mg/kg Papier)

| Frischwasserverbrauch | $10^7$ N | Keime/ml P | $10^8$ N | Keime/ml P |
|-----------------------|----------|------------|----------|------------|
| 10 l/kg               | -        | -          | -        | 3,8        |
| 30 l/kg               | -        | -          | 119,4    | 11,4       |

An diesem Beispiel sieht man, daß im Falle einer Keimbelastung von  $10^8$  Keimen/ml, wie sie in geschlossenen Papiermaschinenkreisläufen durchaus üblich sind ("Mikrobiologie des Fabrikationswassers",

A. Geller, Wochenblatt für Papierfabrikation 7, p. 219-221, 1981), Stickstoff N und Phosphor P in zu geringer Konzentration vorhanden sind. Sie werden in den entsprechenden Differenz-Konzentrationen zugegeben, um das Wachstum der nicht-sessilen Mikroorganismen zu steigern.

## 5 Beispiel 2

In diesem Beispiel wurden in zwei Laborversuchsanlagen mehrtägige Versuche durchgeführt, wobei die eine ohne Zusatz von Nährstoffen als Kontrolle betrieben wurde.

Je 10 l Siebwasser l aus einer Papiermaschine, auf der Schreibpapier mit hohem Altpapieranteil produziert wird, wurde in zwei Versuchsanlagen im Labor parallel bei 35 °C im Kreis gefahren. Pro Tag wurden 2 l gegen frisches Siebwasser l ausgetauscht.

Die beiden baugleichen Versuchsanlagen bestanden aus einem Vorratsbehälter (6 l) und einem Becken (4 l), in das zur Messung der Ablagerungen Metallstreifen eingehängt waren. Das Siebwasser wurde mit einer Pumpe umgewälzt, damit in der ganzen Versuchsanlage gleiche Nährstoffkonzentration, Temperatur und Sauerstoffversorgung gewährleistet war.

Die Keimbelastung dieses Kreislaufwassers betrug  $5 \times 10^8$  Keime/ml (48 h Inkubation auf Standard Plate Count Agar bei 30 °C).

Die zwei Versuchsanlagen wurden eine Woche lang betrieben, eine Anlage wurde ohne Zusatz von Nährstoffen als Kontrolle verwendet, bei der anderen wurden pro Tag 50 ml Nährstofflösung zugegeben.

Nährstofflösung:

20 g/l  $\text{NH}_4\text{Cl}$

10 g/l  $\text{K}_2\text{HPO}_4$

25 5 g/l  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

5 g/l  $\text{MgSO}_4$

In der Anlage ohne Zusatz von Nährstoffen kam es bereits nach 2 Tagen zu einer deutlichen Schleim- und Belagbildung auf den zur Messung der Ablagerungen eingehängten Metallcoupons während in der Vergleichsanlage mit den zugesetzten Nährstoffen nur sehr dünne Beläge nachweisbar waren.

Nach 7 Tagen war der Unterschied noch deutlicher. In der Kontrollanlage ohne zugesetzte Nährstoffe hatten sich dicke, zähe Ablagerungen gebildet. In der parallel betriebenen Vergleichsanlage dagegen, waren nur dünne, leicht ablösbare Beläge vorhanden, die überdies sehr leicht zerteilbar waren.

Benötigt ein Kreislaufsystem einen hohen Frischwasserverbrauch wie beispielsweise an einer Papiermaschine ergeben sich hohe Durchflußraten. Dadurch kann es zu einem zu schnellen Auswaschen der zugegebenen Nährstoffe und damit zu einer zu geringen Kontaktzeit mit den Mikroorganismen, welche die Nährstoffe aufnehmen sollen, kommen. Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wird dieses mögliche Problem in einer bevorzugten Ausführungsform durch einen Sekundärkreislauf gelöst. Dabei wird ein Teil des Kreislaufwassers abgezogen und zur Behandlung unter Nährstoffzugabe im Bypass über einen Pufferbehälter gefahren. Nach einer ausreichenden Kontaktzeit, die gewährleistet, daß die Mikroorganismen die zugegebenen Nährstoffe auch aufnehmen und speichern können, wird der Tankinhalt in den Hauptkreislauf zurückgeführt. Dort haben die so behandelten nicht-sessilen Mikroorganismen gegenüber den dort verbliebenen sessilen, schleim- und belagbildenden Mikroorganismen einen Wachstumsvorteil. Es kommt zu einer Reduktion der Schleim- und Belagbildung im Produktionskreislauf.

Die Zugabe der Nährstoffe sowohl zum Hauptkreislauf als auch zu eventuell vorhandenen Sekundär- oder Nebenkreisläufen kann zeitproportional erfolgen, das heißt, daß eine bestimmte Menge vorzugsweise kontinuierlich über einen bestimmten Zeitraum zudosiert wird. Gegebenenfalls kann die Zugabe auch mengenproportional erfolgen, das heißt, daß die Konzentration bestimmter Nährstoffe im Hauptkreislauf automatisch bestimmt und die Zugabe dieser Nährstoffe in Abhängigkeit von der Konzentration gesteuert wird.

Die Zugabe der Nährstoffe bestimmt sich nach Art und Zusammensetzung, nach dem im Kreislaufwasser vorhandenen Nährstoffangebot sowie der vorhandenen Mikroorganismenpopulation. Es sind stets solche Nährstoffe zu wählen, die das Wachstum der sessilen, fadenförmigen Mikroorganismen unterdrücken.

Es versteht sich, daß im Rahmen der Erfindung, dem Kreislaufwasser auch weitere Zusätze beigegeben werden können. Insbesondere sind dies Tenside, welche die Sessilität der Mikroorganismen-Mischpopulation im ganzen herabsetzen, Lignosulfonat gemäß dem Verfahren der DE-PS 34 47 686, Enzyme für den katalytischen Abbau der im Kreislaufwasser enthaltenen organischen Stoffe. Ferner kann das Kreislaufwasser durch Begasung mit Luft oder Sauerstoff oder Zugabe sauerstoffabgebenden Substanzen wie  $\text{H}_2\text{O}_2$  mit Sauerstoff angereichert werden. Sauerstoff beschleunigt den Abbau organischer Substanzen im Kreislauf-

wasser. Welche zusätzlichen Maßnahmen im einzelnen zu treffen sind, bestimmt sich weitgehend nach der Art der Anlage.

#### Patentansprüche

5

1. Verfahren zur Herabsetzung der Schleim- und Belagbildung in Anlagen, in denen Wasser von Papier- und Zellstoffmaschinen im Kreislauf geführt wird, und in Anlagen, in denen Kühlwasser im Kreislauf geführt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß man dem Kreislaufwasser Nährstoffe zusetzt, welche das Wachstum nicht-sessiler Mikroorganismen begünstigen.

10

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Nährstoffangebot eingestellt wird, das das Wachstum nicht-sessiler Mikroorganismen gegenüber dem Wachstum sessiler Mikroorganismen begünstigt.

15

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß dem Kreislaufwasser Makro- und/oder Mikronährstoffe zugesetzt werden.

20

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß man die Makronährstoffe unter Kohlenstoff-, Stickstoff-, Phosphor-, Schwefel-, Natrium-, Kalium-, Calcium-, Magnesium- und/oder Chlorverbindungen auswählt.

25

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß man die Mikronährstoffe unter den Spurenelementen Eisen, Kupfer, Mangan, Zink, Brom, Molybdän, Vanadium, Kobalt, Jod und/oder Selen auswählt.

30

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß man die Mikronährstoffe unter den Vitaminen Biotin, Nicotinsäure, Thiamin, 4-Aminobenzoat, Panthothenat, Pyridoxamin und/oder Cyanocobalamin auswählt

35

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nährstoffe direkt in den Hauptkreislauf des Kreislaufwassers eingeführt werden.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nährstoffe in mit dem Hauptkreislauf assoziierte Nebenkreisläufe eingeführt werden.

40

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß man Teile des Wassers des Hauptkreislaufes in einen Sekundärkreislauf abzieht, in den man die Nährstoffe einführt, um die Kontaktzeit mit den Mikroorganismen zu erhöhen.

45

10. Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nährstoffzugabe zeitproportional erfolgt.

11. Verfahren gemäß Anspruch 8 oder 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Nährstoffzugabe mengenproportional erfolgt.

50

55